

ANALISIS DEBIT BERDASARKAN HUJAN KUMULATIF 15 HARIAN DENGAN METODE JARINGAN SYARAF TIRUAN *BACKPROPAGATION* PADA DAS TIRTOMOYO UNTUK TITIK SULINGI

Danang Wibawa Shakti¹⁾, Rintis Hadiani²⁾, Setiono³⁾

¹⁾ Mahasiswa Program S1 Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

^{2) 3)} Pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

Jalan Ir. Sutami No.36A Surakarta 57126.Telp: 0271647069. Email : danangshakti@gmail.com

Abstract

Artificial Neural Network is a technology based on Biological Neural Network of human body, that can be train to forecast future periode situation based on past periode pattern. Artificial Neural Network have ability to remember and make generalization of past situation.

Artificial Neural Network application for analysis relationship between rain and discharge on watershed have high number of correlation if compared with another method. Because Artificial Neural Network have ability to remember and make a generalization of what is already happened before, With backpropagation architecture.

This research was conducted by quantitative analytical deskriptive using computer applications Matlab. The location of this research was done in the Wonogiri District, Central Java, Tirtomoyo watershed at Sulingi discharge station. This research intend to observe number of correlation between simulation discharge generated using Artificial Neural Network method and observation discharge in Tirtomoyo watershed at Sulingi discharge station and reliability of model for hydrological system of Tirtomoyo Watershed.

Discharge analysis of tirtomoyo watershed for sulingi point based on cumulative 15 daily rain with artificial neural network backpropagation generated pretty high number of correlation between simulation discharge and observation discharge, that is 0,790169, and this model have 62,9% reliability number for hydrological. Input variable of this research are daily rain from three rain stations. Parameter of this research are, Goals =0,03, Epoch =100000 iteration, momentum = 0,7,hidden layer : 2, neuronhidden layer : 2, training periode : 4 years, training : Gradient Descent with Momentum and performance : Mean Squared Error

Keyword : *Artificial Neural Network, Backpropagation, Tirtomoyo Watershed, Discharge Analysis, Matlab*

Abstrak

Jaringan Syaraf Tiruan adalah suatu teknologi yang dikembangkan berdasarkan prinsip jaringan syaraf biologi pada manusia, dapat dilatih untuk meramalkan apa yang akan terjadi di masa yang akan datang berdasarkan pola kejadian yang ada dimassa lampau. Jaringan Syaraf Tiruan memiliki kemampuan untuk mengingat dan membuat generalisasi dari apa yang sudah terjadi sebelumnya.

Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan dalam memodelkan curah hujan dalam suatu DAS memiliki angka korelasi yang cukup tinggi dibandingkan dengan metode yang lain, karena Jaringan Syaraf Tiruan memiliki kemampuan untuk mengingat dan membuat generalisasi dari apa yang sudah terjadi sebelumnya. Dengan arsitektur propagasi balik (backpropagation).

Penelitian ini dilakukan dengan cara analisis deskriptif kuantitatif dengan menggunakan aplikasi komputer *Matlab*. Lokasi Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Wonogiri, provinsi Jawa Tengah, tepatnya pada DAS Tirtomoyo di titik stasiun debit Sulingi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui korelasi antara debit simulasi dan debit observasi dan keandalan model yang dihasilkan menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan pada DAS Tirtomoyo di titik stasiun debit Sulingi.

Penelitian Analisis Debit Berdasarkan Hujan Kumulatif 15 harian dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* pada DAS Tirtomoyo untuk Titik Sulingi menghasilkan korelasi yang cukup tinggi antara debit simulasi dengan debit observasi, yaitu sebesar 0,790169, dan memiliki keandalan model terhadap sistem hidrologi pada DAS Tirtomoyo sebesar 62,9%. Variabel masukan pada penelitian ini menggunakan data hujan pada tiga stasiun hujan. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Goals* = 0,03, *Epoch* = 100000 iterasi, Jumlah *hidden layer* : 2 Jumlah *neuronhidden layer* : 2, Momentum = 0,7, periode pelatihan : 4 tahunan, *training* : *Gradient Descent with Momentum* dan *performance* : *Mean Squared Error*

Kata Kunci : Jaringan Syaraf Tiruan, *Backpropagation*, DAS Tirtomoyo, Analisis Debit, *Matlab*.

PENDAHULUAN

Prakiraan debit sungai dalam berbagai hal sangat diperlukan. Sistem prakiraan diperlukan untuk melihat kemungkinan terkait perubahan kondisi alam pada waktu yang akan datang (Sunardi, 2011). Prakiraan besarnya debit merupakan bahan masukan untuk perencanaan bangunan air. Estimasi ini seharusnya didasarkan pada metode yang tepat sehingga dapat menghasilkan perkiraan banjir yang sesuai dengan harapan. Penentuan besarnya debit dapat dilakukan dengan cara melakukan pengukuran dan pemprediksian secara langsung, baik itu berdasarkan keadaan iklim maupun dari data yang telah ada sebelumnya. Penentuan debit dengan cara pengukuran memiliki keterbatasan dalam pemanfaatan jaringan irigasi kedepannya karena hasil pengukuran hanya dapat mengetahui nilai debit pada saat itu, oleh karena itu perlu dilakukan penentuan besar debit bulan atau tahun yang akan datang dengan cara peramalan. Prediksi secara langsung dari grafik atau data yang sudah ada tidak dapat memberikan kepastian seberapa besar keakuratan yang dihasilkan (Supiyati, dkk, 2009), tetapi tidak semua DAS yang ada di Indonesia memiliki data debit yang mencukupi untuk dilakukan sebuah analisis (Rintis, 2009).

Sungai Tirtomoyo merupakan salah satu anak sungai dari sungai Bengawan Solo. Sungai Bengawan Solo sendiri menjadi salah satu sungai terpanjang di Jawa Tengah dengan Daerah Aliran Sungai (DAS) mencapai 1.600 km.

Di Indonesia sering digunakan tiga metode dalam menganalisis debit berdasarkan hujan, yaitu Metode Mock, Nreca, dan *Tank Model*. Perhitungan menggunakan ketiga metode tersebut memerlukan parameter yang cukup banyak dalam sebuah analisis hujan menjadi debit. Selain itu tiga metode di atas merupakan metode konvensional yang sudah dicoba untuk analisis debit berdasarkan hujan. Mengatasi permasalahan yang ada diperlukan sebuah sistem analisis yang mampu memprediksi dengan baik, salah satunya adalah menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST). Jaringan Syaraf Tiruan hanya membutuhkan data hujan untuk melakukan analisis perhitungan debit, sementara itu metode Mock, Nreca, dan *tank model* menggunakan parameter data hujan, dan data klimatologi.

Dalam penelitian ini curah hujan digunakan sebagai data masukan kedalam metode Jaringan Syaraf Tiruan. Pengaturan parameter model berpengaruh dalam besarnya keandalan model terhadap sistem hidrologi. Hasil dari simulasi program *Matlab* ini akan dikorelasikan dengan data debit hasil observasi di titik tinjau. Untuk mencapai nilai korelasi yang diharapkan yaitu 0,8 maka harus dicari berapa kisaran nilai parameter yang ada, kemudian berapa debit yang dihasilkan dari simulasi menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. Oleh sebab itu, Penelitian ini akan menganalisis debit DAS Tirtomoyo di titik stasiun debit Sulingi berdasarkan hujan kumulatif 15-harian menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan *backpropagation*.

PERSAMAAN

Persamaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah mengena rumus rasional, koefisien korelasi, dan keandalan model.

Rumus Rasional

Rumus rasional digunakan bila hanya tersedia data hujan, maka estimasi debit banjir dapat dikerjakan dengan persamaan Rasional, dengan asumsi hujan yang turun dengan kurun waktu sama dengan t_c , hujan jatuh merata di seluruh DAS dengan intensitas yang seragam selama durasi hujan, periode ulang debit puncak yang dihasilkan sama dengan periode ulang intensitas hujan, hujan yang jatuh semua menjadi run-off.

$$Q = f \cdot C \cdot I \cdot A$$

Dengan :

- Q = debit (m³/detik)
- f = faktor korelasi satuan
- C = Koefisien Limpasan
- A = Luas DAS (m²)

Koefisien Korelasi

Model merupakan abstraksi dari system sebenarnya. Verifikasi terhadap kevalidan model terhadap kenyataan yang terjadi merupakan hal yang penting. Evaluasi statistik yang digunakan menilai performa model dalam penelitian ini adalah nilai koefisien korelasi (r) dan keandalan model (α_r).

Koefisien korelasi adalah harga yang menunjukkan besarnya keterkaitan antara nilai observasi dengan nilai simulasi. Jika harga koefisien korelasi 0,7 sampai 1,0 menunjukkan derajat asosiasi yang tinggi, sedangkan koefisien korelasi lebih tinggi dari 0,4 hingga dibawah 0,7 hubungan substansial, koefisien antara 0,2 hingga 0,4 menunjukkan korelasi rendah, dan apabila kurang dari 0,2 diabaikan

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{\{n \sum X^2 - (\sum X)^2\} \{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}}$$

Dengan :

- r = koefisien korelasi,
- N = jumlah data,
- X = debit terhitung (m³/s),
- Y = debit observasi (m³/s),

Keandalan Model

Keandalan merupakan salah satu alat ukur untuk mengetahui validitas hasil penelitian. Keandalan tersebut dapat diukur melalui Analisis *reliabilitas* (Zulganef, 2004). Dalam analisis matematik, rasio jumlah item terhadap total varian disebut *reliabilitas*. Analisis dilakukan pada peubah durasi, intensitas, dan frekuensi.

$$\alpha_r = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_i^2 + 2(\sum \sigma_{ij})} \right]$$

Dengan :

- k = jumlah data,
- σ_i^2 = jumlah varian i (merupakan jumlah diagonal),
- σ_{ij} = kovarian item i dan j ,
- $\sigma_i^2 + 2(\sum \sigma_{ij})$ = total varian,

nilai α_r adalah besar keandalan model.

METODE

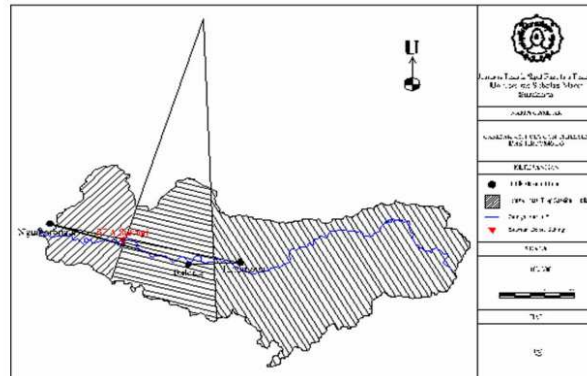
Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif. Penelitian deskriptif kuantitatif adalah penelitian yang dilakukan dengan menganalisis data yang tersedia dan menghasilkan kesimpulan dengan menggunakan bantuan program *Matlab*.

ANALISIS DATA

Penelitian ini menggunakan data sekunder yaitu data curah hujan harian stasiun hujan Balong, Nguntoronadi dan Tirtomoyo pada tahun 2001 sampai dengan tahun 2012. Data pencatat debit harian stasiun debit Sulingi pada tahun 2001 sampai dengan tahun 2012. Peta Bakosurtanal DAS Tirtomoyo tahun 2001 dengan skala 1:25000.

Pengolahan Peta Sub DAS Tirtomoyo

Pengolahan Peta Bakosurtanal DAS Tirtomoyo tahun 2001 dengan skala 1:25000 yaitu dengan menentukan batas DAS Tirtomoyo di titik stasiun debit Sulingi kemudian setelah menentukan batas DAS, Plot ketiga stasiun hujan dan membuat polygon *Thiessen* menggunakan aplikasi *AutoCAD* Seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Poligon *Thiessen* DAS Tirtomoyo di titik stasiun debit Sulingi

Setelah menggambar polygon *Thiessen*, kemudian Menentukan koefisien *Thiessen* untuk masing-masing stasiun hujan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Koefisien Thiessen untuk stasiun Balong, Nguntoronadi, dan Tirtomoyo.

No	Stasiun Hujan	<i>Polygon Thiessen Factor</i>	
		Luas (km ²)	Presentase (%)
1	Stasiun Balong	48,23	29
2	Stasiun Nguntoronadi	30,41	18
3	Stasiun Tirtomoyo	88,66	53
Jumlah		167,3	100

Analisis data hujan harian

Analisis curah hujan harian stasiun hujan Balong, Nguntoronadi dan Tirtomoyo pada tahun 2001 sampai dengan tahun 2012 dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan data hujan harian dari masing-masing stasiun pada tahun 2001 sampai dengan 2012.
2. Mengubah data hujan harian menjadi 15-harian yaitu dengan menjumlahkan hujan dalam 15 hari di periode yang sama untuk masing-masing stasiun hujan.
3. Data hujan 15-harian dari masing-masing stasiun hujan diubah menjadi hujan wilayah dengan cara mengkalikanya dengan koefisien *Thiessen* dari masing-masing stasiun hujan.

Pengolahan data debit harian

Pengolahan data debit harian hasil observasi di stasiun debit Sulingi dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan data debit harian dari stasiun pencatat debit sulingi tahun 2001-2012.
2. Menghitung debit 15-harian yang terjadi di stasiun pencatat debit Sulingi. Mengubah data debit harian menjadi 15-harian yaitu dengan menjumlahkan debit dalam 15 hari di periode yang sama.

Analisis Debit Berdasarkan Hujan 15 harian Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Metode *Backpropagation*

Analisis debit berdasarkan hujan dapat dilakukan dengan beberapa metode, dengan mengacu pada data observasi curah hujan yang didapatkan. Dalam hal ini perlu dilakukan analisis sistem yang digunakan untuk merubah curah hujan menjadi debit. Tahapan-tahapan dalam menganalisis debit berdasarkan curah hujan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

a) Perencanaan Jaringan *Backpropagation* dengan Matlab

Perencanaan Jaringan Syaraf Tiruan dan variable-variabel dengan nilai C (koefisien Limpasan) = 0,85 serta nilai *hidden layer*nya = 2 dengan jumlah masing-masing neuron = 2.

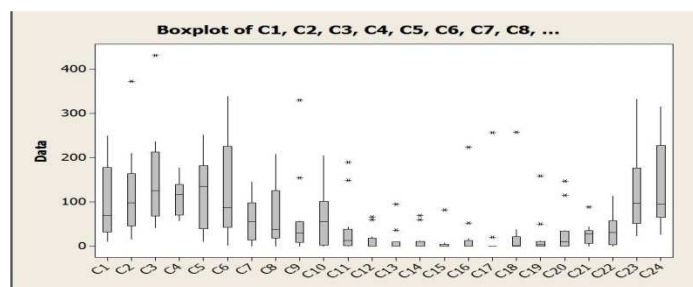
b) Input Data dan Penentuan Pola

Data yang digunakan untuk prediksi pada penelitian ini yaitu data curah hujan 15 harian serta data debit aktual 15 harian di lapangan selama 12 tahun (2001-2012). Total data adalah 288 data yang akan dibagi menjadi 3 bagian, yaitu 1/3 Input Training (Tahun 2001-2004), 1/3 target training (2005-2008), 1/3 observasi (tahun 2009-2012).

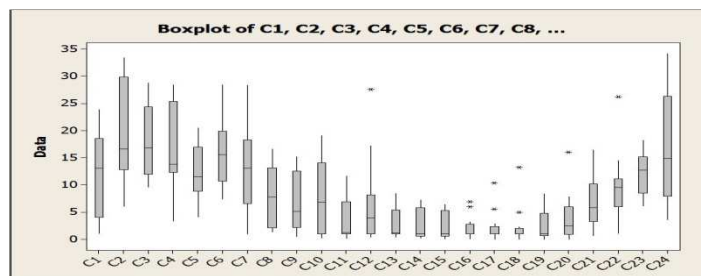
c) Pelatihan Jaringan

Input data disimpan dalam format .xls yang diberi nama Input Hujan.xls, kemudian data akan disimpan dalam matriks A berukuran m x n, m adalah jumlah baris data dan n adalah jumlah kolom data. Sesuai tabel 4.10, untuk data pelatihan jumlah baris data adalah 24 dan jumlah kolom data adalah 12, sehingga matriks input berukuran 24 x 12.

Sebaran data yang diperoleh tidak sama setiap tahun-nya, maka dari itu digunakan metode *boxplot* pada *software minitab 16.0* untuk melihat data-data yang *outliers* untuk dirubah menjadi data yang dapat diolah dengan cara merubah data *outliers* dengan data maksimal yang terjadi.

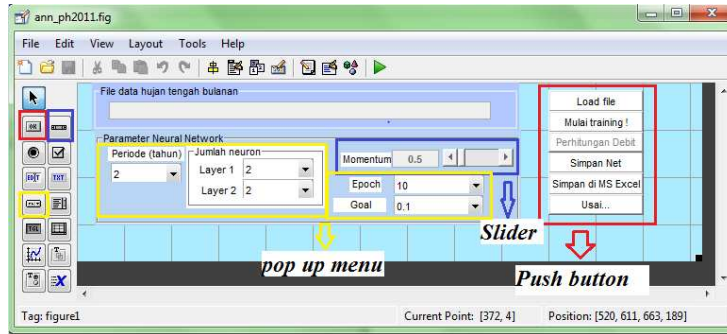


Gambar 2. Metode *boxplot* untuk data input hujan



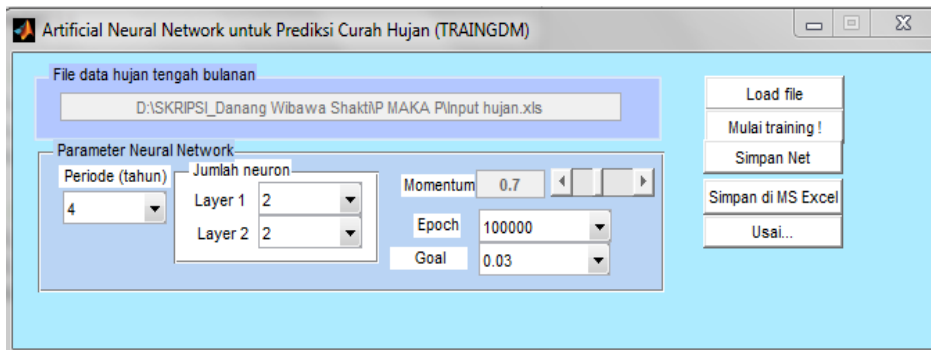
Gambar 3. Metode *boxplot* untuk data input debit

Metode pelatihan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Jaringan Syaraf Tiruan, Pembuatan *User Interface* dengan membuka *matlab toolbar File* kemudian memilih *New GUI* untuk mengeluarkan *guide template*. Pembuatan *User Interface* pada *matlab* dapat sesuai yang diperlukan, *Shortcut* pada bagian kiri tampilan *user interface* berfungsi untuk membuat *button* apa saja yang diinginkan pada *user interface* dengan melihat kegunaan dari masing-masing *button* yang tersedia, Pada penelitian ini menggunakan 5 jenis *shortcut button* yaitu *Push button*, *Slider*, *Pop up menu*, *edit text* dan *Table*, Parameter untuk pelatihan jaringan ditentukan pada saat *user interface* keluar, pada *user interface* sudah disediakan besaran-besaran parameter pada setiap *string* dari *toolbox* yang tersedia pada *matlab*,

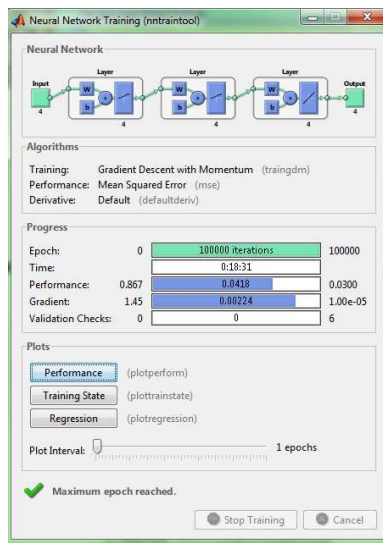


Gambar 4. User Interface Jaringan Syaraf Tiruan untuk analisis debit

Semua *button* dapat digantidengan nama dan besaran angka yang diperlukan untuk analisis dengan cara merubah *properties Inspector button*, Pelatihan jaringan syaraf tiruan akan mengeluarkan *nntraintool traingdm* yang menunjukkan kemampuan program yang telah dibuat dalam pelatihan jaringan, selain itu untuk mengetahui seberapa efektif pelatihan yang dilakukan dalam satu kali iterasi untuk mencapai *goal* yang diperlukan, *Epoch* yang keluar pada *nntraintool* telah ditentukan pada saat *user interface* keluar, *performance* adalah *goals* yang kita tentukan pada saat *user interface* keluar, *gradient* adalah pola sebaran data untuk hasil simulasi dan data observasi.



Gambar 5. Awal Pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan



Gambar 6. Pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan(*nntraintool*)

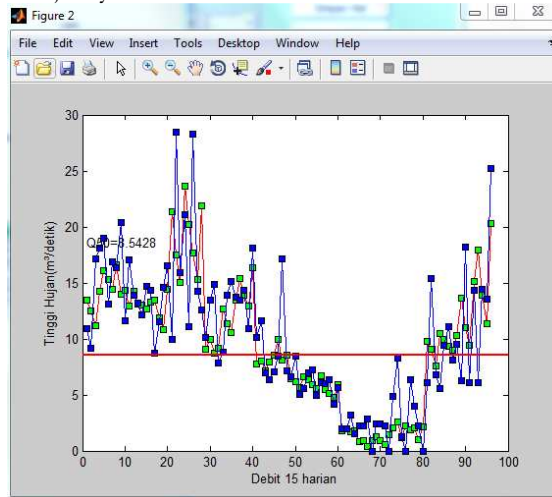
Pelatihan akan berhenti apabila salah satu dari keempat parameter sudah mencapai *threshold* yang sudah ditentukan sebelumnya. Pada gambar 5 dan 6 menunjukkan besaran parameter-parameter yang digunakan dalam analisis, mulai dari periode, jumlah *hidden layer*, jumlah *neuron*, momentum, *Epoch*, *goals*, *Gradient*, dan pelatihan yang digunakan.

Pelatihan jaringan yang sudah selesai akan langsung menyajikan grafik dari dua data yaitu hasil simulasi data dan observasi yang kemudian akan diuji validitasnya dengan cara melihat kesamaan pola antara dua data dan apakah data masih dalam nilai signifikansi atau diluar nilai signifikansi

Validitas Data Simulasi

Data hasil simulasi dengan bantuan Matlab berdasarkan metode *Backpropagation* perlu diuji valid atau tidaknya untuk melihat keandalan dari model yang dibuat, Adapun validasi data antara lain sebagai berikut :

- Melihat dari visual grafik pada gambar 6 menunjukkan bahwa hasil simulasi debit dengan debit sulingi memiliki kesamaan pola dan kecenderungan nilai yang hampir sama, sehingga hasil *output* data simulasi debit dapat digunakan untuk perhitungan selanjutnya.



Gambar 8. Grafik debit simulasi dengan debit sulingi

- Output* dari program Matlab disimpan dalam format excel (.xls) yang dapat menampilkan nilai batas atas dan batas bawah, Validasi data ini nilai signifikansi yang digunakan harus berada antara nilai batas atas dan batas bawah yang dapat dilihat pada lampiran C-1, Nilai yang didapat melalui proses simulasi adalah sebagai berikut :

Batas Atas : 4.66554
 Nilai Signifikansi : 4.01586
 Batas Bawah : 3.69743

Nilai signifikansi yang terjadi adalah , Nilai signifikansi yang berada di antara batas atas dan batas bawah yaitu $3,69743 < 4,01586 < 4,66554$, maka data hasil simulasi dianggap valid dan apabila nilai signifikansi tidak memenuhi syarat yang ditentukan maka perlu dilakukan *running* kembali,

Perhitungan Korelasi dilakukan untuk menunjukan besarnya keterkaitan antara debit simulasi dengan data pencatatan debit dilapangan, menggunakan rumus 2 :

$$r = \frac{96 \sum 9132,70 - \sum 634,420 \sum 660,617}{\sqrt{\{96 \sum 634,40 - (660,617)\} \{96 \sum 9065,407 - 10157,757\}}}$$

$$= 0,790169$$

Analisis Reliabilitas

Dengan menggunakan rumus 2,9, maka perhitungan *reliabilitas* dapat dilakukan dengan $k = 96$, $\sigma_i^2 = 32,19321$ dan $\sigma_{ij} = 27,40624$, Data σ_i^2 dan σ_{ij} diperoleh dari bantuan *tool Microsoft Excel* dengan member perintah “var” dan “covar”, Hasil yang diperoleh seperti perhitungan berikut ini :

$$\alpha_r = \frac{96}{96 - 1} \left[1 - \frac{32,19321}{32,19231 + 2 \times 27,40624} \right] \times 100 \% = 62,9\%$$

Maka keandalan model yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 62,9 %. Perbedaan yang terjadi antara keandalan model dengan nilai korelasi antara data simulasi dan data observasi dikarenakan keandalan model meninjau sebaran data sebagai sebuah kelompok, jadi karena data debit observasi banyak yang rusak menyebabkan hubungan sebaran antara data simulasi dan observasi menjadi tidak terlalu konsisten, karena *cronbach alpha* (α_r) adalah koefisien konsistensi, jadi apabila sebaran data makin tidak konsisten biarpun memiliki nilai korelasi yang tinggi maka angka *cronbach alpha* (α_r) akan semakin kecil.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Maka besarnya korelasi didapat sebesar 0,790169. Angka korelasi menunjukan bahwa hubungan antara data simulasi dengan data observasi relative tinggi karena menunjukan angka 0,790169 yang pada teori Jaya Al-Aziz, 2011 menunjukan derajat asosiasi yang tinggi karena berada dalam *range* nilai 0,7-1,0 dan menunjukan bahwa data debit yang dihasilkan dengan simulasi dapat digunakan untuk mengisi data debit yang kosong atau rusak.

Keandalan yang didapatkan merupakan koefisien determinan (R^2) dari data observasi dan simulasi, selain itu keandalan yang didapatkan pada penelitian kali ini merupakan keandalan model terhadap sistem hidrologi untuk DAS Tirtomoyo. Parameter model dapat diubah untuk kepentingan perencanaan. Jumlah *neuron* mempengaruhi keandalan dari model, semakin banyak *neuron* pada setiap *layer* maka akan semakin tinggi keandalan yang didapatkan, tetapi untuk merubah jumlah *neuron* bobot dari setiap *layer* pun berubah dengan begitu pelatihan harus diulang karena bobot yang digunakan untuk pelatihan sebelumnya berbeda.

Keandalan model yang mencapai angka 62,9 % bisa bertambah lagi jika data input yang digunakan tidak hanya data hujan saja, karena pada prakteknya debit yang dihasilkan memiliki beberapa faktor yang mempengaruhi dari besaran debit, yaitu Intensitas hujan, Intersepsi, Evaporasi dan Transpirasi. Hal ini yang menyebabkan keandalan model hanya mencapai 62,9 % karena model tidak sepenuhnya bisa mengikuti sistem hidrologi yang berada pada DAS Tirtomoyo untuk titik stasiun debit Sulingi.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Koefisien parameter model Jaringan Syaraf Tiruan dalam analisis debit berdasarkan hujan 15 harian di DAS Tirtomoyo adalah sebagai berikut :

<i>Epoch</i>	: 100000 iterasi
<i>Goal</i>	: 0,03
<i>Momentum</i>	: 0,7
Periode pelatihan	: 4 Tahunan
<i>Hidden layer</i>	: 2 <i>Hidden layer</i>
<i>Neuron</i> pada setiap <i>hidden layer</i>	: 2 <i>Neuron</i>
<i>Training</i>	: <i>Gradient Decent With Momentum</i>
<i>Performance</i>	: <i>Mean Squared Error</i>
2. Korelasi antara hasil simulasi dengan data observasi adalah 0,790169
3. Keandalan model bila diterapkan pada DAS Tirtomoyo adalah 62,9 %

Hasil korelasi dan keandalan menggambarkan hasil yang baik antara hasil simulasi dengan data yang berada dilapangan,

1. Model analisis debit berdasarkan hujan dengan metode Jaringan Syaraf Tiruan dapat digunakan untuk mengisi data debit yang kosong yang disebabkan oleh rusaknya alat pencatatan debit,
2. Penambahan jumlah *neuron* dapat dilakukan untuk mendapatkan keandalan yang lebih tinggi, tetapi pelatihan harus diulang karena perubahan bobot pada setiap *layer*.
3. Penambahan input data sebaiknya dicoba untuk melihat sebesar apa pengaruh dari setiap faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya debit.
4. Kepada perencana disarankan untuk menguji kembali hasil simulasi, jika ingin menggunakan model Jaringan Syaraf Tiruan hasil penelitian ini. Karena hasil penelitian menunjukkan hasil keandalan 62,9%, disarankan untuk mengubah konstanta persamaan dengan cara simulasi ulang sampai keandalan yang diinginkan tercapai, simulasi tetap menggunakan model Jaringan Syaraf Tiruan yang sama.
5. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode lain untuk analisis debit berdasarkan hujan.

REFRENSI

- Adidarma, W,K, Hadihardaja, I,K, Legowo, S, 2004, Perbandingan Pemodelan Hujan-limpasan Antara *Artificial Neural Network* dan Nreca, Bandung, Jurnal Teknik Sipil ITB, Vol 11 No, 3, 105-119
- Aditama, Festy, 2013, Transformasi Hujan-Debit Daerah Aliran Sungai Bendung Singomerto Berdasarkan Metode Mock, Nreca, *Tank Model dan Ranirun*, Solo, Perpustakaan.uns.ac.id
- Ahlawat, Ritu, 2014, *Hydrological Data Network Modelling Using Artificial Neural Network in Betwa Catchment*, Delhi, India, *International Journal of Soft Computing and Engineering*
- Bustami, Rosmina, Bessaih Nabil, Bong Charles, 2007, *Artificial Neural Network for Precipitation and Water Level Prediction of Bedup River*, Sarawak, Malaysia, *International Journal of Computer Science*
- Charismahendra, 2013, Prakiraan Jangka Panjang Kekeringan di Daerah Aliran Sungai Tirtomoyo, Solo, Perpustakaan.uns.ac.id
- Chang, Chia Ling, Chung Sheng Liao, 2012, *Parameter Sensitivity Analysis of Artificial Neural Network for Predicting Water Turbidity*, Feng Chia, China, *World Academy of Science, Engineering and Techonology*

- Irfani, Alfida, 2012, Analisis Neraca Sungai Tirtomoyo SUB DAS Bengawan Solo Hulu 3, Solo, Perpustakaan.uns.ac.id
- IGB, Silla Dharma, dkk, 2011, *Artificial Neural Network* untuk Pemodelan Curah Hujan, Denpasar, Jurnal Bumi Lestari
- Iwan K, HadiHardaja, 2008, Pemodelan Hujan-Limpasan Menggunakan *Artificial Neural Network* dengan metode *Backpropagation*, Bandung, Staf Pengajaran Teknik Sipil, FTSP-ITB
- Raju, M.Mohan, R.K., Srivastava, Bisht, Dinesh C.S., 2011, *Development of Artificial Neural Network Based Models for The Simulation of Spring Discharge*, Pantnagar, India, *Hindawi Publishing Corporation*
- Rintis Hadiani, Rr., Bambang Suhartom Agus Suharyanto, Suhardjono, 2009, Analisis Kekeringan Hidrologi (Studi Kasus di Sub DAS Kali Asem Lumajang), Malang
- Reda Taha, 2002, Artificial Neural Network (ANNs) in Structural Engineering, www.reda_taha.com/research/ANN.htm
- Saksono, Lukman Hakim Nugroho, 2013, Prediksi Neraca Air Dengan Metode Perencanaan Bulan Dasar Di Daerah Aliran Sungai Tirtomoyo Di Kabupaten Wonogiri, Solo, Perpustakaan.uns.ac.id
- Sarkar, Archana, 2012, *Artificial Neural Network for Event Based Rainfall-Runoff Modeling*, Roorkee, India, www.SciRp.org/journal/jwarp
- Setiawan, B.I., dan Rudiyanto, 2004, *Aplikasi Neural Networks Untuk Prediksi Aliran Sungai*, *Prosiding Semiloka Teknologi Simulasi dan Komputasi serta Aplikasi 2004 – BPPT*, Jakarta
- Siang, J.J., 2005, Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab, Yogyakarta: Penerbit Andi
- Sri Harto, 1993, Analisis Hidrologi, Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama,
- Supiyati, Bahri, S dan Erdi, I, 2009, Prediksi Jangka Pendek Debit, Bengkulu, Jurnal Fisika FLUX
- Utami, Dwi, 2013, Prediksi Kekeringan Berdasarkan *Standardized Precipitation Index (SPI)* Pada Daerah Aliran Sungai Keduang Di Kabupaten Wonogiri, Solo, Perpustakaan.uns.ac.id
- Widodo, Prabowo Pudjo, Rahmadya Trias Handayanto, Herlawati, 2013, Penerapan Data Mining dengan Matlab, Bandung, Rekayasa Sains
- Wu, Jy S, Han, Jun, Shastri Annambhotla, and Scott Bryant, 2004, *Artificial Neural Networks for Forecasting Watershed Runoff and Stream Flows*, Abstract ACSE Research, J, Hydrologic Engrg., Volume 10, Issue 3, pp, 216-222
- Yevjevich, V., 1972, *Stochastic Processes in Hydrology*, Colorado, USA: Water Resources Publications, Fort Collins,